

**PENGARUH VARIASI MEDIA PENDINGINAN PADA PROSES  
CARBURIZING BERUPA AIR, OLI SAE 10-40 W TERHADAP  
KEKERASAN STRUKTUR MIKRO DAN UJI TARIK PADA  
MATERIAL BAJA KARBON RENDAH (ST 41)**



**Disusun Sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada  
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik**

**Oleh :**

**MUHAMMAD TAUFIQ HIDAYAT**

**D200150157**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
2021**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**PENGARUH VARIASI MEDIA PENDINGINAN PADA  
PROSES CARBURIZING BERUPA AIR, OLI SAE 10-40 W  
TERHADAP KEKERASAN STRUKTUR MIKRO DAN UJI  
TARIK PADA MATERIAL BAJA KARBON RENDAH (ST 41)**

**PUBLIKASI ILMIAH**

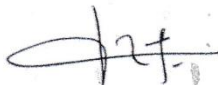
oleh:

**MUHAMMAD TAUFIQ HIDAYAT**

**NIM.D200150157**

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



**Ir. supriyono, M.T., Ph.D**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**PENGARUH VARIASI MEDIA PENDINGINAN PADA  
PROSES CARBURIZING BERUPA AIR, OLI SAE 10-40 W  
TERHADAP KEKERASAN STRUKTUR MIKRO DAN UJI  
TARIK PADA MATERIAL BAJA KARBON RENDAH (ST 41)**

**OLEH**

**MUHAMMAD TAUFIQ HIDAYAT**

**D200150157**

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Pada hari Rabu, 17 Februari 2021  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1.Ir.Supriyono,MT., Ph.D

(Ketua Dewan Penguji)

(.....)

2.Dr.Ir.Ngafwan, M.T

(Anggota I Dewan Penguji)

(.....)

3.Joko Sedyono, ST., MT

(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)



Dekan Fakultas Teknik

Ir. Supriyono, MT., Ph.D., IPM.

NIK: 682

## **PERNYATAAN**

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 17 Maret 2021

Penulis



**MUHAMMAD TAUFIQ HIDAYAT**

**NIM.D200150157**

# **PENGARUH VARIASI MEDIA PENDINGINAN PADA PROSES CARBURIZING BERUPA AIR, OLI SAE 10-40 W TERHADAP KEKERASAN STRUKTUR MIKRO DAN UJI TARIK PADA MATERIAL BAJA KARBON RENDAH (ST 41)**

## **Abstrak**

Media pendingin yang digunakan berpengaruh terhadap laju pendingin dalam terbentuknya struktur martensite hasil transformasi austenite. Martensite inilah yang akan menentukan seberapa jauh peningkatan sifat mekanis hasil perlakuan panas. Penelitian ini bertujuan Untuk menganalisis struktur mikro yang terdiri dari baja karbon rendah dengan media pendingin air dan oli sae 10-40w dan Untuk menganalisis besarnya yang ditimbulkan spesimen baja karbon rendah setelah proses carburizing dengan media pendingin air dan oli sae 10-40 w. Hasil Penelitian faktor yang mempengaruhi besarnya nilai kekerasan rata-rata material *pendinginan* dibandingkan dengan nilai kekerasan rata-rata *raw* material adalah proses pendinginan cepat. Pada saat pendinginan cepat, atom-atom tidak terjadi pertumbuhan butir. Pendinginan akan menyebabkan menurunnya ukuran butir sehingga dapat meningkatkan nilai kekerasan suatu material. Sedangkan pada *raw* material karena tidak dilakukan perlakuan panas maka butir-butir atom tidak terjadi pengurangan ukuran. Hal itulah yang menyebabkan *raw* material lebih kecil nilai kekerasannya dibandingkan dengan pendinginan material sedangkan hasil menunjukkan struktur mikro benda kerja tanpa proses carburizing. Struktur mikronya berupa fasa *ferrite*. Hal ini disebabkan karena kandungan karbon yang ada dalam benda kerja tanpa proses *carburizing* sangat sedikit, sehingga atom karbon dapat terlarut ke dalam atom-atom *Fe* membentuk larutan padat intertisi yang dinamakan *ferrite* dan terdapat sedikit *pearlite*. Fasa yang terbentuk adalah *pearlite* (berwarna hitam) dan *ferrite* (berwarna putih). Tetapi, jumlah *pearlite* lebih banyak dibandingkan *raw* material dan struktur mikro setelah mengalami proses *carburizing* dengan variasi media *pendinginan* air memiliki kandungan unsur karbon yang lebih besar dibandingkan dengan *raw* material dan variasi media *pendinginan* oli 10w-40. Terlihat dari pembentukan pada fasa *pearlite* yang lebih banyak dan mendominasi dari fasa *ferrite* dan pengujian tarik dan didapatkan hasil tegangan maksimal masing-masing sebesar 17,97 Mpa, tegangan luluh 6,93 MPa dan tegangan patah sebesar 758,67 MPa. Sedangkan untuk material oli 10w-40 dilakukan 3 kali pengujian tarik dan didapatkan hasil tegangan maksimal masing-masing sebesar 13,89 MPa, 18,5 MPa, dan 15,5 MPa, tegangan luluh sebesar 18 MPa, 18,33 MPa, 18,33 MPa, serta tegangan maksimal 523,708 MPa, 552,017 Mpa, 552,017 MPa. Untuk material hasil *carburizing* dengan media air juga dilakukan 3 kali pengujian tarik dan didapatkan hasil tegangan maksimal masing-masing sebesar 16,84 MPa, 14,15 MPa, 19,01 MPa, dengan masing-masing tegangan luluh sebesar 20 MPa, 20,33 MPa, 19 MPa, serta tegangan patah sebesar 725,407 MPa, 744,356 MPa, dan 622,122

**Kata kunci :** Carburizing, Kelarutan unsur dalam Fe, Struktur mikro dan Kekerasan Vickers.

## **Abstract**

The cooling medium used affects the rate of cooling in the formation of the martensite structure resulting from the austenite transformation. This martensite will determine to what extent the mechanical properties of heat treatment are increased. This study aims to

analyze the microstructure of low carbon steels with water and oil cooling medium 10-40w and to analyze the amount of low carbon steel specimens after carburizing with water cooling media and sae 10-40 w oil. The results of the research for the carburizing material with water-cooling media were also carried out 3 times of tank testing and the maximum tension results were 603.92 MPa, 492.47 MPa, 655.1 MPa respectively with strain values of 29.8%, 28.2%, and 23.9% respectively, and Padaraw material obtained a maximum stress value of 758.67 MPa with a strain value of 9.9% while for 10w-40 oil cooling material was carried out 3 times and the results showed that the average stress and strain were measured. In raw specimens, the average stress was 75S. 67 MPa and the average strain is 9.9%, while for the material produced by the carburizing process with oil cooling media 10w-40, the result is an average stress of 485.257 MPa and an average strain of 33.39%. Whereas for the result of the carburizing process with water cooling, the average stress yield is 503.478 MPa and the average strain is 30.96%.

**Keywords:** Carburizing, Solubility of elements in Fe, Microstructure and Vickers Hardness.

## **1. PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang Masalah**

Baja karbon merupakan logam yang digunakan untuk memproduksi komponen mesin berkekuatan rendah seperti poros, roda gigi. Karena memiliki kandungan karbon rendah baja ini mudah dikerjakan dengan berbagai peralatan pemrosesan maupun perkakas dan dibentuk sesuai kebutuhan, karena sifatnya yang ulet dan lunak. Harga baja karbon lebih murah dan mudah ditemukan di pasar material logam dibandingkan baja lainnya.

Proses perlakuan panas secara umum terdiri dari proses hardening, tempering, carburizing dan annealing. Faktor yang mempengaruhi kekerasan/heat treatment adalah temperatur, holding time (waktu penahanan) dan media pendingin. Pada penelitian ini fokus pada carburizing khususnya pada penggunaan media pendingin pada proses carburizing berupa air, oli sae 10-40w (Bahtiar et al., 2008).

Media pendingin yang digunakan berpengaruh terhadap laju pendingin dalam terbentuknya struktur martensite hasil transformasi austenite. Martensite inilah yang akan menentukan seberapa jauh peningkatan sifat mekanis hasil perlakuan panas. Media pendingin selain mempengaruhi sifat mekanis dapat mempengaruhi sifat fisis (Adawiyah et al. 2014).

Penelitian Hendi Saputra et al (2014) kekuatan tarik baja St 37 pasca pengelasan dengan media pendingin air kelapa didapatkan nilai kekuatan tarik terendah rata-rata 49,764 kg/mm<sup>2</sup> dibanding media oli bekas dan air garam, maka patut diduga air kelapa dapat digunakan sebagai media pendingin hardening. Kombinasi air dromus

oil dipilih dikarenakan cairan ini memiliki nilai kekentalan yang rendah dan sebanding dengan air kelapa dan air serta didesain khusus sebagai pendingin yang berinteraksi langsung dengan logam dalam keadaan temperatur tinggi.

Pada penelitian ini penulis menggunakan media pendingin yang memiliki nilai kekentalan rendah seperti air tetapi lebih cepat menyerap panas dan rendah terhadap logam. Media pendingin tersebut adalah air dan oil sae 10-40w, dipilihnya oli sae 10-40w karena mempunyai kandungan elektrolit yang lebih besar dibanding air putih biasa.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian di atas dapat dirumuskan beberapa permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana proses carburizing berupa air, oli sae 10-40 terhadap kekerasan struktur mikro dan uji tarik pada material baja karbon rendah (ST 41) ?
2. Bagaimana pengaruh variasi media pendinginan pada proses carburizing berupa air, oli sae 10-40 terhadap kekerasan struktur mikro dan uji tarik pada material baja karbon rendah (ST 41) ?

## **1.3 Tujuan**

Berdasarkan rumusan masalah di atas, rumusan tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui bagaimana proses carburizing berupa air, oli sae 10-40 terhadap kekerasan struktur mikro dan uji tarik pada material baja karbon rendah (ST 41)
2. Untuk mengetahui pengaruh variasi media pendinginan pada proses carburizing berupa air, oli sae 10-40 terhadap kekerasan struktur mikro dan uji tarik pada material baja karbon rendah (ST 41)

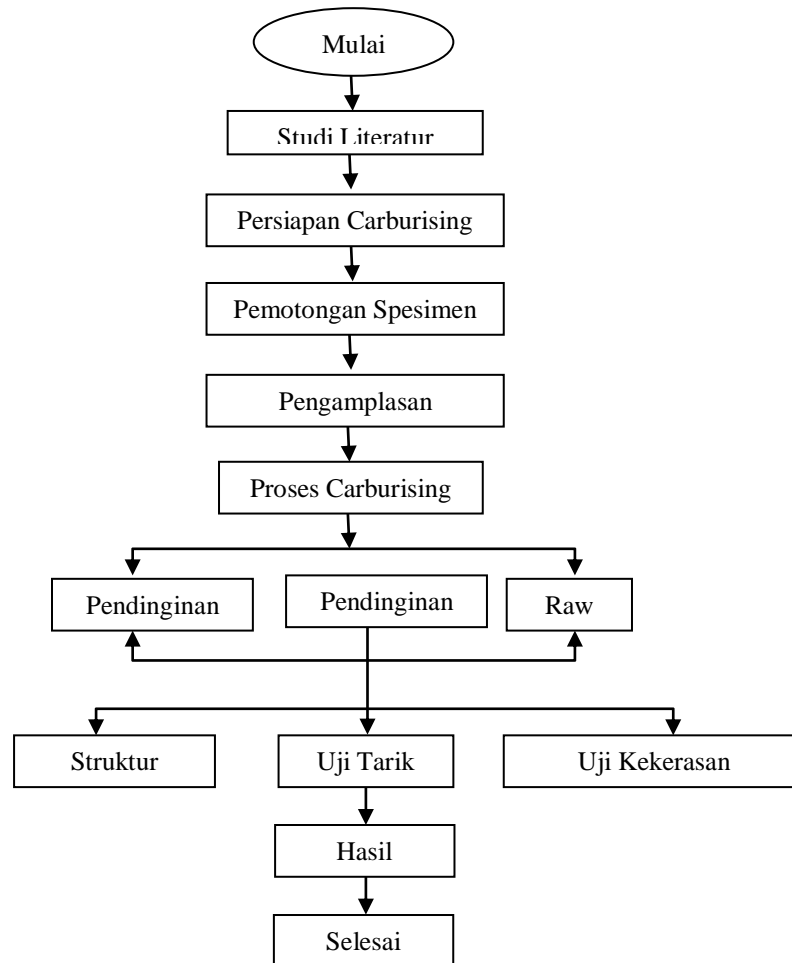
## **1.4 Manfaat**

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Setelah didapatkan hasil yang berbeda tentang karakteristik nilai struktur mikro setelah proses carburizing dengan media pendingin air, oli sae 10-40w. Diharapkan ada perkembangan yang berkelanjutan
2. Diharapkan dari penelitian ini memberikan sumbangan pemikiran yang mengarah pada ilmu bahan khususnya pada pihak yang bergerak dibidang perancangan maupun lembaga pendidikan dan pelatihan teknik mesin.

## 2. METODE

### 2.1 Diagram Alir Penelitian



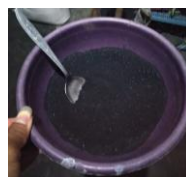
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

### 2.2 Alat dan Bahan

Alat penelitian yang di gunakan dalam proses penelitian meliputi sebagai berikut :

#### 2.2.1 Alat

1. Arang Tempurung Kelapa



Gambar 2. Arang Tempurung Kelapa



## 2. Katalis

Katalis digunakan untuk mempercepat proses *carburizing*.



Gambar 3.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .

## 3. Air

Digunakan sebagai media untuk proses *quenching*.

## 4. Oli 10-40w

Digunakan sebagai media untuk proses *quenching*.



Gambar 4. Oli 10-40w

### 2.2.2. Alat Penelitian

#### 1. Mesin Bubut

Mesin bubut berguna untuk pemotongan spesimen uji tarik.

#### 2. Gerabah

Terbuat dari tanah liat digunakan sebagai tempat karburasi.



Gambar 5. Gerabah tanah liat.

#### 3. Mesin *Furnace*

Mesin *furnace* berfungsi untuk memanaskan spesimen hal ini bertujuan untuk pemanasan awal, dan juga berfungsi untuk proses *quenching*.



Gambar 6. Mesin *Furnace*.  
(Laboratorium Bahan Teknik Mesin UGM)

#### 4. Alat Uji Kekerasan *Vickers*

Alat uji kekerasan *vickers* berfungsi untuk mengetahui nilai kekerasan mikro pada permukaan spesimen yang diuji. Alat uji kekerasan yang di pakai merk *Shimadzu* dengan tipe *HMV – M3*.



Gambar 7. Alat Uji Kekerasan *Vickers*.  
(Laboratorium Bahan Teknik Mesin UGM)

#### 5. Alat Uji Struktur Mikro

Pengujian struktur mikro dilakukan menggunakan mikroskop merk *Olympus PME-3*.



Gambar 8. Alat Uji Foto Struktur Mikro.  
(Laboratorium Bahan Teknik Mesin UGM)

#### 6. Alat Uji Tarik

Alat uji tarik yang digunakan yaitu *universal testing machine Hung Ta type HT – 9501*.



Gambar 9. Mesin Uji Tarik

(Laboratorium Bahan Teknik Mesin UGM)

#### 7. *Grinding and Polishing Machine*

*Grinding and polishing machine* berfungsi untuk membantu menghaluskan permukaan spesimen yang akan difoto struktur mikronya.



Gambar 10. *Grinding and Polishing Machine*.

(Laboratorium Bahan Teknik Mesin UGM)

#### 8. Cairan *Etsa*

Cairan ini bertujuan untuk mengkorosi batas butir spesimen yang akan di uji agar terlihat saat foto mikro.



Gambar 11. Cairan *Etsa*.

(Laboratorium Bahan Teknik Mesin UGM)

### 2.3 Proses Penelitian

#### 2.3.1 Persiapan Spesimen

Adapun banyaknya jumlah spesimen dalam penelitian ini berjumlah 4 spesimen, dengan perincian sebagai berikut :

- 7 buah spesimen uji tarik meliputi 1 raw material, 3 material *quenching* air, 3 material *quenching* oli 10-40w
- 3 buah spesimen uji struktur mikro dan uji kekerasan meliputi 1 raw material, 1 *quenching* air, 1 *quenching* oli 10-40w.

### 2.3.2 Proses *Carburizing*

Secara lebih rinci, langkah-langkah proses *carburizing* akan dijelaskan sebagai berikut :

1. Mempersiapkan semua perlengkapan yang dibutuhkan seperti bahan dan juga peralatan yang akan digunakan seperti material baja ST 41, serbuk arang batok kelapa 200 mesh, katalis  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .
2. Letakkan spesimen didalam wadah berbentuk gerabah dengan campuran arang batok kelapa 60% dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  40% untuk memulai proses pemanasan dengan mesin *furnace*.
3. Atur temperatur dan waktu pada mesin *furnace*.
4. Gerabah yang telah diisi specimen dimasukkan ke dalam mesin *furnace* sampai suhu  $850^\circ\text{C}$ . Setelah suhu  $850^\circ\text{C}$  tercapai, kemudian ditahan selama 1 jam.
5. Setelah langkah selesai, lalu spesimen di celupkan ke dalam air dan oli didiamkan hingga temperatur mencapai suhu kamar.
6. Setelah spesimen sudah mencapai suhu kamar, ambil spesimen dan bersihkan spesimen menggunakan kain.

## 2.4 Proses Pengujian Spesimen

### 2.4.1 Proses Uji Struktur Mikro

Pengamatan ini bertujuan untuk melihat struktur mikro yang terdapat dalam material. Mikroskop optik yang sering disebut “mikroskop cahaya” adalah salah satu jenis mikroskop yang menggunakan cahaya dan sebuah system lensa untuk memperbesar gambar spesimen yang kecil.

Adapun persiapan yang harus dilakukan sebelum spesimen diuji struktur mikronya, yaitu :

1. Spesimen dipotong menggunakan bubut dengan ukuran tinggi 10mm dan diameter 10 mm.
2. Kemudian benda uji dimounting terlebih dahulu dibuat menggunakan *resin* yang dituang kedalam cetakan guna mempermudah pemegangan benda kerja selama proses *grinding* atau *polishing*.
3. Permukaan benda uji yang akan diamati harus bersih, yang sudah di proses *grinding* menggunakan ampelas dengan tingkat 100, 180, 240, 400, 600,

800, dan 1000 yang dibantu *grinding and polishing machine*. Pada saat pengamplasan digunakan air guna mengurangi panas yang timbul akibat pengamplasan yang dapat menyebabkan perubahan struktur mikronya.

4. Setelah mendapatkan permukaan yang halus, selanjutnya dilakukan *polishing* menggunakan *autosol* sebagai pasta poles dan kain bludru sebagai kain poles untuk mendapatkan permukaan benda uji yang mengkilap. Setelah proses *polishing* diusahakan jangan sampai menyentuh permukaan benda uji. Benda uji harus bebas dari kotoran debu, agar mendapatkan kualitas foto struktur mikro yang jelas.
5. Melakukan *etsa* terhadap spesimen dengan cara meneteskan cairan *hydrogen flouride* (HF) pada permukaan benda uji dengan waktu tertentu untuk membersihkan lapisan yang menutupi permukaan struktur logam yang diakibatkan proses *polishing* dan juga memunculkan batas butir pada permukaan benda uji yang akan difoto struktur mikronya. Setelah itu benda uji dibilas dengan air mengalir kemudian di keringkan menggunakan *hair dryer*.
6. Melakukan pengamatan daerah transisi dan daerah tengah benda uji.
7. Mengambil gambar dengan pembesaran 200 kali.
8. Hasil gambar berupa foto mikro.

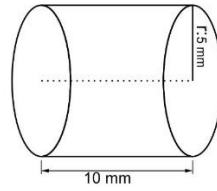
#### 2.4.2 Proses Uji Kekerasan

Proses pengujian kekerasan pada penelitian ini menggunakan metode *vickers*. Proses pengujian kekerasan ini bertujuan untuk menguji struktur mikro dan mengetahui nilai kekerasan permukaan yang dapat dicapai.

Pengujian *vickers* menggunakan intan berbentuk piramida dengan sudut puncak  $136^\circ$  yang ditekan pada permukaan material uji dengan pembebanan 200 gf sebanyak 6 titik, kemudian diambil panjang diagonalnya dan dari perbandingan antara beban dengan luas tapak penekanan. Besar diagonal rata-rata dimasukkan dalam persamaan yang selanjutnya akan diperoleh *vickers hardness number* (VHN).

Langkah-langkah pengujian kekerasan sebagai berikut :

1. Menyiapkan spesimen yang sudah dipotong dengan dimensi 10x10 mm.



Gambar 12. Dimensi spesimen uji kekerasan.

2. Spesimen di *mounting* (pembungkaiian) dengan cairan resin untuk memudahkan benda uji untuk dipegang saat proses uji kekerasan.
3. Setelah proses *mounting*, amplas spesimen hingga permukaan halus dan rata.
4. Permukaan benda uji yang telah di amplas tadi dipoles untuk mendapatkan permukaan yang mengkilat, yang tidak ada goresan.
5. Meletakkan spesimen pada tempat pengujian.
6. Selanjutnya di lakukan pembebanan benda uji sebesar 200gf dengan waktu pembebanan 10 detik, pengujian terdapat 6 titik per spesimen.
7. Kemudian mencatat hasil pengujian.

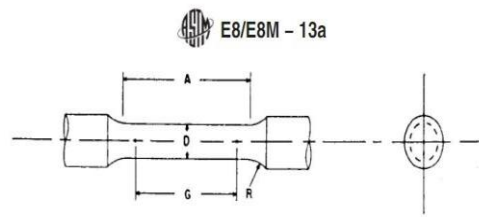


#### 2.4.3 Proses Uji Tarik

Proses pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui nilai tegangan ( $\sigma$ ), regangan ( $\epsilon$ ), pertambahan panjang ( $\Delta L$ ), dan gaya maksimal (P Max) dari spesimen uji yang diteliti.

Jenis patahan material ada 2 yaitu patahan ulet (*ductile*) dan patahan getas (*brittle*). Material yang bersifat getas (*brittle*) mempunyai bentuk patahan yang datar dan material yang bersifat ulet (*ductile*) mempunyai bentuk patahan yang mengalami *necking* terjadi pengecilan diameter.

Proses pengujian tarik pada penelitian ini menggunakan standar ASTM E8/E8M. Proses pengujian dilakukan di Laboratorium Material Teknik Departemen Teknik Mesin, UNS



Gambar 13. Dimensi spesimen uji tarik (ASTM E8)



Gambar 14. Spesimen uji tarik standar ASTM E8

Tabel 1. Dimensi spesimen uji tarik (ASTM E8)

	<i>Dimension (mm)</i>
<i>G (gauge length)</i>	30
<i>D (diameter)</i>	6
<i>R (Radius of fillet)</i>	6
<i>A (Length of reduced section)</i>	36

(Sumber: American Association State Highway and Transportation Officials Standard AASHTO No: T68 An American National Standard).

Pengujian tarik dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Potong benda uji menggunakan bubut dan bentuk benda uji menjadi spesimen uji tarik sesuai dengan *standar ASTM E8*.
2. Sebelum di uji tarik kelompokkan dahulu spesimen antara *raw material* dan *quenching material* dengan jumlah 3 buah spesimen uji tarik *quenching air*, 3 buah spesimen uji Tarik *quenching material oli 10w-40* dan 1 buah spesimen uji tarik *raw material*.
3. Lalu mengukur tebal dan lebar logam las yang sudah dibentuk spesimen uji tarik standar ASTM E8 tersebut menggunakan jangka sorong digital.
4. Pasang spesimen uji tarik pada cekam *universal testing machine* lalu *setting univerasl testing machine* sesuai dengan ukuran spesimen kemudian posisikan tampilan *control panel* pada posisi nol.

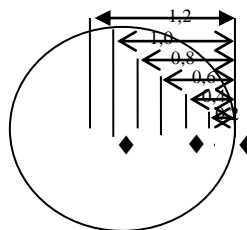
5. Aktifkan motor pada *universal testing machine* , maka spesimen uji tarik akan mulai mendapat beban tarik menggunakan tenaga motor diawali 0 Kgf hingga spesimen putus pada beban maksimal yang dapat ditahan spesimen tersebut.
6. Tegangan maksimum ditandai dengan putusnya spesimen uji terdapat pada *dial gauge* yang ditunjukkan pada monitor dan dicatat sebagai data.
7. Lepas spesimen uji tarik yang sudah patah dari penjepit *universal testing machine*.
8. Selama uji tarik berlangsung, mencatat hasil dengan teliti setiap spesimen.
9. Mengulangi langkah di atas secara berurutan dengan penggantian dan pemasangan spesimen dengan jumlah 7 kali penggantian spesimen uji tarik sesuai dengan total 7 spesimen disetiap satu bentuk penampang pin.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Data Hasil Pengujian Kekerasan dan Pembahasannya

Pengujian kekerasan pada penelitian ini menggunakan alat uji kekerasan mikro vickers. Berikut adalah data hasil pengujian kekerasan dengan ketentuan sebagai berikut :

1. Menggunakan pembebanan 200 gr
2. Pengujian menggunakan alat Hardness Micro Vickers
3. Oli : SAE 10-40
4. Media carburizing : arang Bathok Kelapa, Katalis  $\text{Na}_2\text{CO}_3$
5. Pengujian masing-masing dilakukan 6 kali dari tepi dengan jarak 0,2 mm, 0,4 mm, 0,6 mm, 0,8 mm, 1,0 mm dan 1,2 mm



Gambar 15. Titik Identitas Uji Kekerasan Viskers

Berikut adalah data hasil pengujian kekerasan mikro *Vickers* pada tiap bagian spesimen :

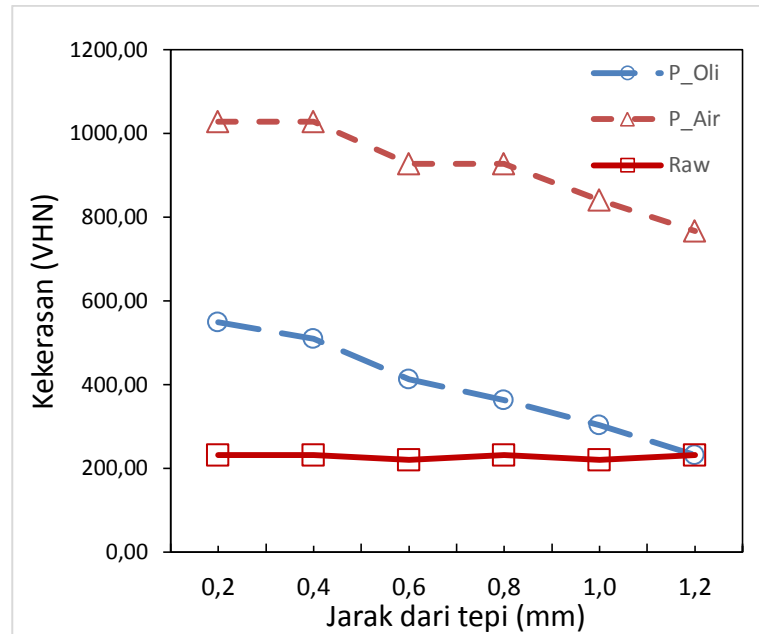
Tabel 2. Hasil Pengujian Kekerasan Mikro Vickers.

No	Spesimen	Jarak dari Tepi	Diagonal ( $\mu\text{m}$ )	Kekerasan
----	----------	-----------------	----------------------------	-----------



		(mm)	D1	D2	Drata-rata	(VHN)
1	Pendinginan Oli	0,2	26	26	26	548,52
2		0,4	27	27	27	508,64
3		0,6	30	30	30	412,00
4		0,8	32	32	32	362,11
5		1,0	35	35	35	302,69
6		1,2	40	40	40	231,75
7	Pendinginan Air	0,2	19	19	19	1027,15
8		0,4	19	19	19	1027,15
9		0,6	20	20	20	927,00
10		0,8	20	20	20	927,00
11		1,0	21	21	21	840,82
12		1,2	22	22	22	766,12
13	Raw Material	0,2	40	40	40	231,75
14		0,4	40	40	40	231,75
15		0,6	41	41	41	220,58
16		0,8	40	40	40	231,75
17		1,0	41	41	41	220,58
18		1,2	40	40	40	231,75

Dari tabel di atas dapat kita buat grafik agar lebih mudah dalam menganalisa, berikut histogram dari hasil pengujian kekerasan.



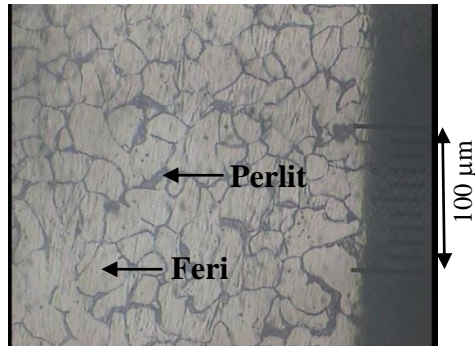
Gambar 16. Histogram Hasil Uji Kekerasan Tiap Titik Masing-masing material.

Berdasarkan hasil grafik tersebut di atas menunjukkan nilai-nilai kekerasan *raw* material, material hasil proses *carburizing* dengan media pendingin oli 10w-40, dan material hasil proses *carburizing* dengan media pendingin air, bahan yang digunakan adalah baja karbon rendah ST 41 memiliki nilai kekerasan yang berbeda, dan nilai kekerasan (VHN) di atas menunjukkan spesimen hasil *carburizing* dengan media pendinginan air dengan metode pendinginan cepat memiliki tingkat kekerasan paling tinggi yaitu 1.027,15 VHN, untuk bahan *raw* sebesar 231,75 VHN, sedangkan untuk spesimen hasil *carburizing* dengan media pendinginan oli 10w-40 memiliki nilai kekerasan sebesar 548,52 VHN.

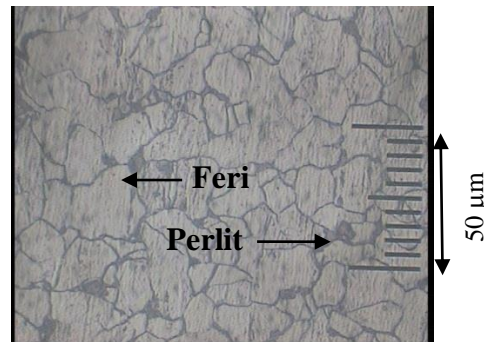
Secara umum, faktor yang mempengaruhi besarnya nilai kekerasan rata-rata material *pendinginan* dibandingkan dengan nilai kekerasan rata-rata *raw* material adalah proses pendinginan cepat. Pada saat pendinginan cepat, atom-atom tidak terjadi pertumbuhan butir. Pendinginan akan menyebabkan menurunnya ukuran butir sehingga dapat meningkatkan nilai kekerasan suatu material. Sedangkan pada *raw* material karena tidak dilakukan perlakuan panas maka butir-butir atom tidak terjadi pengurangan ukuran. Hal itulah yang menyebabkan *raw* material lebih kecil nilai kekerasannya dibandingkan dengan pendinginan material.

### 3.2 Data Hasil Uji Foto Struktur Mikro dan Pembahasan

Pengamatan struktur mikro bertujuan untuk melihat perubahan struktur mikro setelah mengalami proses carburizing. Perbesaran yang digunakan dalam pengamatan ini adalah 200 X. Foto struktur mikro diambil pada bagian tepi. Struktur mikro *raw* material dan struktur mikro hasil carburizing. Berikut hasil foto struktur mikronya :

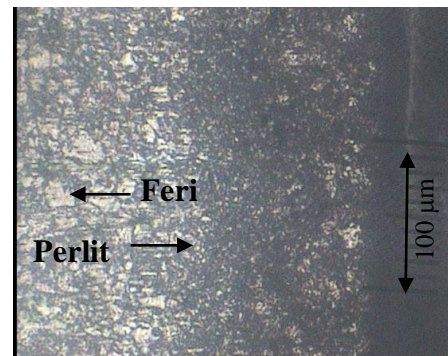
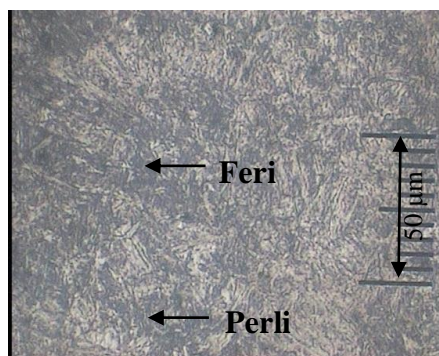


Gambar 17. Struktur Mikro Raw Bagian Pinggir



Gambar 18. Struktur Mikro Raw Bagian Tengah

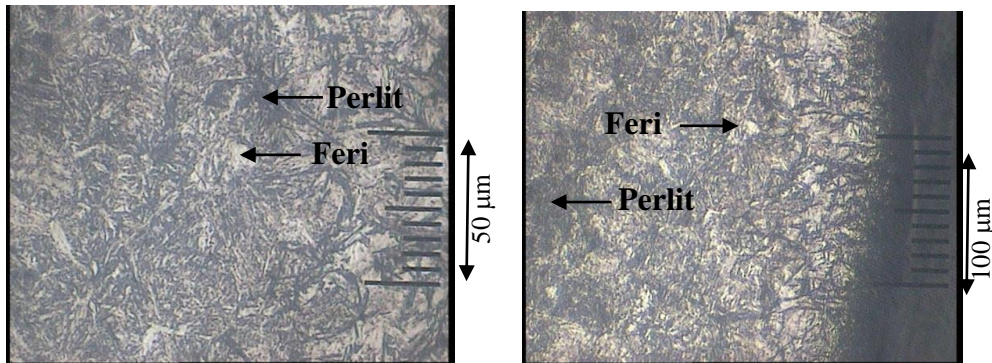
Gambar 16 dan 17 menunjukkan struktur mikro benda kerja tanpa proses carburizing. Struktur mikronya berupa fasa *ferrite*. Hal ini disebabkan karena kandungan karbon yang ada dalam benda kerja tanpa proses *carburizing* sangat sedikit, sehingga atom karbon dapat terlarut ke dalam atom-atom *Fe* membentuk larutan padat intertisi yang dinamakan *ferrite* dan terdapat sedikit *pearlite*.



Gambar 19. Struktur Mikro Material Carburizing Dengan Media Pendinginan Oli 10w-40 Dengan Perbesaran 200 Kali, (c) Daerah Tepi-transisi, (d) Daerah Tengah.

Gambar 18. menunjukkan hasil foto struktur mikro setelah mengalami proses *carburizing* dengan variasi media *pendinginan* oli 10w-40. Fasa yang terbentuk adalah

*pearlite* (berwarna hitam) dan *ferrite* (berwarna putih). Tetapi, jumlah *pearlite* lebih banyak dibandingkan *raw material*.

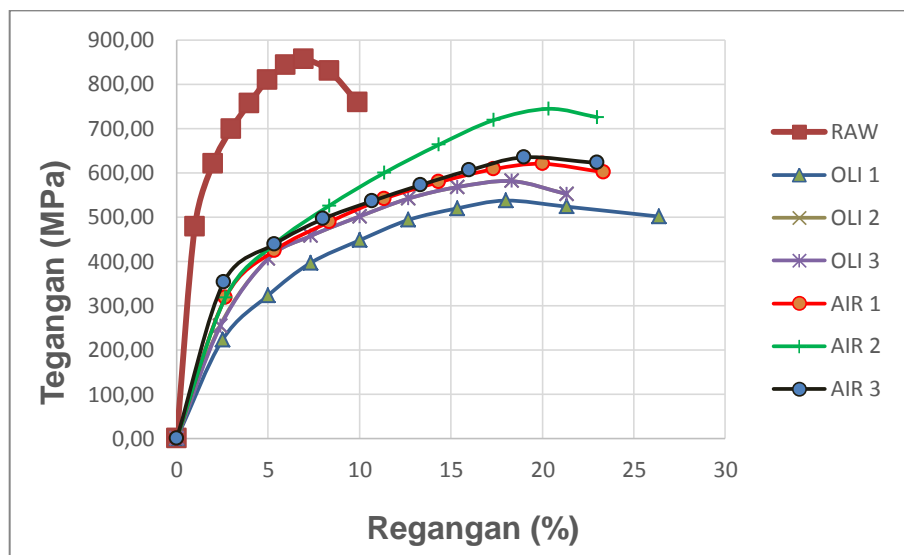


Gambar 20. Struktur Mikro Material *Carburizing* Dengan Media Pendinginan Air Dengan Perbesaran 200 Kali, (e) Daerah Tepi-transisi, (f) Daerah Tengah.

Gambar 19 menunjukkan hasil struktur mikro setelah mengalami proses *carburizing* dengan variasi media pendinginan air memiliki kandungan unsur karbon yang lebih besar dibandingkan dengan *raw material* dan variasi media pendinginan oli 10w-40. Terlihat dari pembentukan pada fasa *pearlite* yang lebih banyak dan mendominasi dari fasa *ferrite*.

### 3.3 Data Hasil Uji Tarik dan Pembahasan

Pengujian menggunakan standar ASTM E8. Berikut adalah hasil dari pengujian tarik yang dilakukan.



Gambar 21. Hasil Uji Tarik

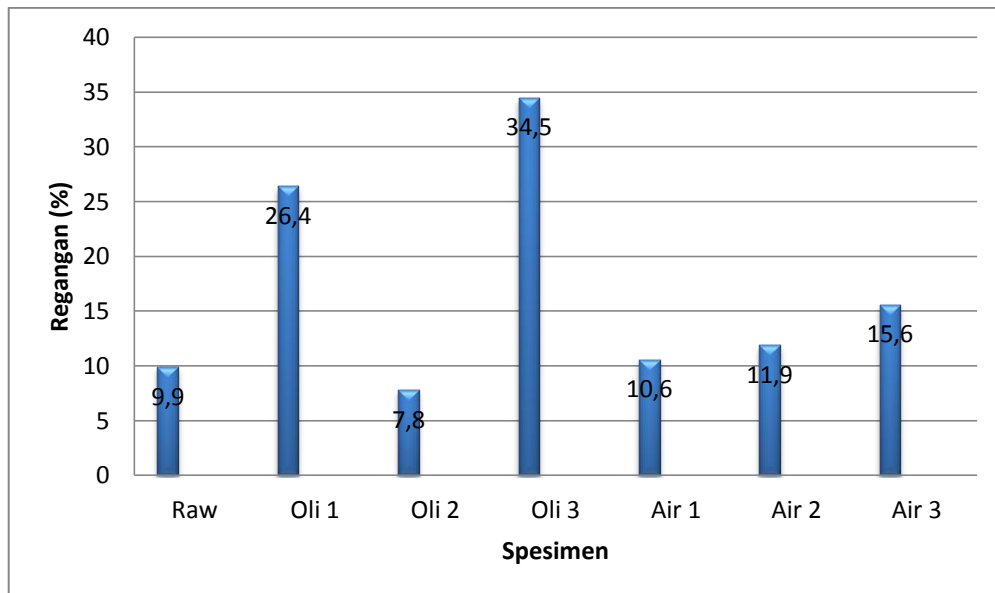
Tabel 3. Ringkasan Uji Tarik

No.	Spesimen	$\sigma_{\text{Max}}$	$\sigma_{\text{Yield}}$	$\sigma_{\text{Failur}}$	$\Sigma_{\text{max}}$
1	RAW	17,97	6,93	758,67	9.9
2	OLI_1	13,89	18	523,708	26,4
3	OLI_2	18,05	18,33	552,017	7.8
4	OLI_3	15,05	18,33	552,017	34.5
5	AIR_1	16,84	20	601,557	10.6
6	AIR_2	14,15	20,33	725,407	11.9
7	AIR_3	19,01	19	622,122	15.6

Berdasarkan hasil tabel di atas dapat dibuat histogram untuk pengujian tarik agar lebih mudah dalam menganalisisnya. Adapun grafik histogram sebagai berikut:



Gambar 22. Histogram Tegangan Maksimal, Tegangan luluh, dan Tegangan Patah



Gambar 23. Histogram Regangan Material

Berdasarkan tabel menunjukkan grafik pengujian tegangan dan regangan masing-masing spesimen yang meliputi *raw* material, material hasil proses *carburizing* dengan media *pendinginan* oli 10w-40, dan material hasil proses *carburizing* dengan media *pendinginan* air. pengujian tarik dan didapatkan hasil tegangan maksimal masing-masing sebesar sebesar 17,97 Mpa, tegangan luluh 6,93 MPa dan tegangan patah sebesar 758,67 MPa. Sedangkan untuk material oli 10w-40 dilakukan 3 kali pengujian tarik dan didapatkan hasil tegangan maksimal masing-masing sebesar 13,89 MPa, 18,5 MPa, dan 15,5 MPa, tegangan luluh sebesar 18 MPa, 18,33 MPa, 18,33 MPa, serta tegangan maksimal 537,338 MPa, 581,144 Mpa, 581,144 MPa. Untuk material hasil *carburizing* dengan media air juga dilakukan 3 kali pengujian tarik dan didapatkan hasil tegangan maksimal masing-masing sebesar 16,84 MPa, 14,15 MPa, 19,01 MPa, dengan masing-masing tegangan luluh sebesar 20 MPa, 20,33 MPa, 19 MPa, serta tegangan patah sebesar 620,342 MPa, 744,356 MPa, dan 634,902MPa.

Pada gambar 4.7 menunjukkan regangan maksimal tiap spesimen. Pada spesimen *raw* didapatkan hasil regangan maksimal sebesar 9.9%, sedangkan untuk material hasil proses *carburizing* dengan media oli 10-40w didapatkan hasil tegangan maksimal masing-masing spesimen sebesar 26,4%, 7.8%, 34.5%. Sedangkan untuk material hasil proses *carburizing* dengan media air didapatkan hasil regangan maksimal tiap spesimen sebesar 10.6%, 11.9%, dan 15.6%.

## 4. PENUTUP

### 4.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan pada ketiga jenis material, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Faktor yang mempengaruhi besarnya nilai kekerasan rata-rata material *pendinginan* dibandingkan dengan nilai kekerasan rata-rata *raw* material adalah proses pendinginan cepat. Pada saat pendinginan cepat, atom-atom tidak terjadi pertumbuhan butir. Pendinginan akan menyebabkan menurunnya ukuran butir sehingga dapat meningkatkan nilai kekerasan suatu material. Sedangkan pada *raw* material karena tidak dilakukan perlakuan panas maka butir-butir atom tidak terjadi pengurangan ukuran. Hal itulah yang menyebabkan *raw* material lebih kecil nilai kekerasannya dibandingkan dengan pendinginan material
2. Hasil menunjukkan struktur mikro benda kerja tanpa proses carburizing. Struktur mikronya berupa fasa *ferrite*. Hal ini disebabkan karena kandungan karbon yang ada dalam benda kerja tanpa proses *carburizing* sangat sedikit, sehingga atom karbon dapat terlarut ke dalam atom-atom *Fe* membentuk larutan padat intertisi yang dinamakan *ferrite* dan terdapat sedikit *pearlite*. Fasa yang terbentuk adalah *pearlite* (berwarna hitam) dan *ferrite* (berwarna putih). Tetapi, jumlah *pearlite* lebih banyak dibandingkan *raw* material dan struktur mikro setelah mengalami proses *carburizing* dengan variasi media *pendinginan* air memiliki kandungan unsur karbon yang lebih besar dibandingkan dengan *raw* material dan variasi media *pendinginan* oli 10w-40. Terlihat dari pembentukan pada fasa *pearlite* yang lebih banyak dan mendominasi dari fasa *ferrite*
3. Pengujian tarik dan didapatkan hasil tegangan maksimal masing-masing sebesar 17,97 Mpa, tegangan luluh 6,93 MPa dan tegangan patah sebesar 758,67 MPa. Sedangkan untuk material oli 10w-40 dilakukan 3 kali pengujian tarik dan didapatkan hasil tegangan maksimal masing-masing sebesar 13,89 MPa, 18,5 MPa, dan 15,5 MPa, tegangan luluh sebesar 18 MPa, 18,33 MPa, 18,33 MPa, serta tegangan maksimal 523,708 MPa, 552,017 MPa, 552,017 MPa. Untuk material hasil *carburizing* dengan media air juga dilakukan 3 kali pengujian tarik dan didapatkan hasil tegangan maksimal masing-masing sebesar 16,84 MPa, 14,15 MPa, 19,01 MPa, dengan masing-masing tegangan luluh sebesar 20 MPa, 20,33

MPa, 19 MPa, serta tegangan patah sebesar 725,407 MPa, 744,356 MPa, dan 622,122.

#### **4.2 Saran**

1. Kepada peneliti selanjutnya dengan bervariasi waktu lebih dari 3 jam dan perlu adanya aplikasi pada perusahaan yang banyak memanfaatkan dengan perbandingan harga yang lebih murah
2. Diharapkan peneliti melakukan perawatan yang lebih pada peralatan yang bersinggungan langsung dengan reagent karena akan menyebabkan korosi
3. Untuk mendapatkan kekerasan yang lebih tinggi dapat dilakukan dengan meningkatkan temperatur, waktu dan memperbanyak prosentase reagent.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Adawiyah et al. 2014. Pengaruh Perbedaan Media Pendingin Terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan Pegas Daun Dalam Proses Hardening. *Jurnal Poros Teknik* 6(2): 55-102.
- Amanto, Hari. 1999. *Ilmu Bahan*. Jakarta. Bumi Aksara.
- Bahtiar et al., 2008. Analisis Kekerasan Dan Struktur Mikro Pada Baja Komersil Yang Mendapatkan Proses Pac Carburizing Dengan Arang Cangkang Kelapa Sawit. *Jurnal Mekanikal*, Vol. 8 No. 1.
- Djapri. S. 1986. *Ilmu dan Teknologi Bahan*. Erlangga. Jakarta.
- Hendi Saputra et al. 2014. Pengaruh Pac Carburizing Media Arang Tempurung Kelapa Terhadap Ketahanan Aus Baja Komersial Dengan Variasi Pelumas. *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*. Vol.13 No. 1. Hal 16-20.
- Supardi R., 1997. *Korosi*. Bandung. Tarsito.
- Surdia T.,1987. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Pradnya Paramita. Jakarta